Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 4, Oct- Nov 2020, p. 453-464

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 4، مهر- آبان 1399، ص. 464-453

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی امکان استفاده از اندام باردهی قارچ خوراکی- دارویی انوکی در تولید نوشیدنی فراسودمند پالپ‌دار

شراره رضائیان[1]– حمیدرضا پوریانفر[1]– شادی بلوریان[2]- حامد صابریان[2*]

تاریخ دریافت: 1398/02/09
تاریخ پذیرش: 1398/07/02

چکیده

قارچ خوراکی- دارویی انوکی (Enoki) *Flammulina velutipes* پنجمین قارچ از نظر جایگاه تولید جهانی است که علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، دارای خواص اثبات شده درمانی و دارویی متعددی می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی امکان تولید نوشیدنی فراسودمند بر پایه قارچ انوکی همراه با رنگ طبیعی کورکومین شکل گرفت. ابتدا میسلیوم خالص نژاد تجاری قارچ انوکی تهیه و سپس تولید اندام میوه‌دهی تازه بر روی بستری متشکل از 40% کاه گندم+ 40% خاک اره + 18% سبوس گندم +1% گچ + 1% آهک انجام گردید. اندام میوه‌دهی قارچ به دو شکل مختلف پوره و پالپ به‌عنوان ماده زمینه‌ای اصلی نوشیدنی در قالب آزمون‌های حسی و رئولوژیکی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای مستقل آزمون فاکتوریل شامل غلظت پوره قارچ و غلظت صمغ بود. نوع طعم‌دهنده و غلظت رنگ کورکومین نیز در آزمایشات جداگانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمون رئولوژیکی نشان داد که رفتار جریانی نوشیدنی، شبه‌پلاستیک بود و بدون اعمال تنش حالتی ژله‌ای داشت و ذرات کاملا در آن شناور بودند. آزمون‌های حسی حاکی از آن بودند که بیشترین و کمترین امتیاز طعم به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های حاوی 5% و 10% قارچ بود ($p<0.05$). در همه شاخص‌ها و به‌خصوص پذیرش کلی، نوشیدنی پالپ‌دار به‌طور معنی‌داری بهتراز نوشیدنی پوره‌دار بود ($p<0.05$). همچنین افزودن رنگ طبیعی کورکومین به نوشیدنی پالپ‌دار در حد 0/05% موجب افزایش پذیرش حسی آن شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که نوشیدنی بر پایه قارچ انوکی به شکل پالپ‌دار می‌تواند از پتانسیل پذیرش بالایی توسط مصرف‌کنندگان برخوردار باشد زیرا به دلیل استفاده از قارچ خوراکی- دارویی و رنگ طبیعی کورکومین دارای خواص فراسودمند بوده و فاقد عوارض جانبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: قارچ انوکی، کورکومین، نوشیدنی فراسودمند، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

مقدمه

قارچ‌های خوراکی- دارویی (Culinary-medicinal mushrooms) بر طبق تعریف آن دسته از قارچ‌هایی هستند که ضمن دارا بودن خواص با ارزش دارویی و درمانی، قابلیت خوراکی بودن نیز دارند. از جمله خواص زیستی این قارچ‌ها می‌توان به خواص ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ضددیابت، بهبوددهنده یا سرکوب‌کننده سیستم ایمنی، کاهنده کلسترول و چربی اشاره نمود (Rathee *et al*., 2012). قارچ خوراکی- دارویی انوکی (Enoki) با نام علمی *Flammulina velutipes* متعلق به خانواده Tricholomataceae و راسته Agaricales بوده و پنجمین قارچ را از نظر جایگاه تولید جهانی به‌خود اختصاص می‌دهد (Royes *et al*., 2017). این قارچ به دلیل داشتن عطر و طعم مطلوب، به‌صورت خام در کشورهای چین، ژاپن و تایوان مصرف می‌شود. تولید جهانی این قارچ در حدود 4 میلیون تن در سال است. بزرگترین کشور تولید کننده این قارچ، چین با تولیدی در حدود 2/4 میلیون تن در سال است (Ge *et al*., 2015).

قارچ انوکی به دلیل عدم داشتن قند و چربی دارای کالری کم می‌باشد. این قارچ دارای پروتئین بالا و اسیدهای آمینه ضروری مثل لیزین و آرژنین بوده که منجر به تقویت حافظه می‌شود. ویتامینهای B1 و B2 موجود در این قارچ قادر به جلوگیری از زخم معده و بیماری‌های کبدی شده همچنین غنی از تیامین، نیاسین، پتاسیم، ریبوفلاوین، اسید پانتوتنیک، اسید لینولئیک، کلسیم، مس، آهن، سلنیوم، کیتوزان و فیبر

1- اعضای هیات علمی گروه پژوهشی زیست فناوری قارچ‌های صنعتی، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، جهاددانشگاهی خراسان رضوی.
2- اعضای هیات علمی گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.
(*-نویسنده مسئول: Email: Saberian@acecr.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i4.80377

است. قارچ انوکی همچنین بر رشد قد و وزن مطلوب کودکان بسیار موثر است (Tang *et al*., 2016).

با توجه به ماندگاری پایین قارچهای تازه، استفاده از قارچهای خوراکی-دارویی در قالب یک نوشیدنی جذاب می‌تواند موجب افزایش مصرف قارچ دارویی به‌عنوان یک غذای فراسودمند شده و نیازهای مهم غذایی بدن را نیز تامین نماید. از سویی این نوع نوشیدنی می‌تواند جایگزین مطمئنی برای نوشیدنی‌های موجود در بازار شود که از سطح سلامت زایی پایینی برخوردارند. در تهیه نوشیدنی فراسودمند، گاهی از رنگ‌های طبیعی استفاده می شود تا علاوه بر ایجاد ظاهری مطلوب در نوشیدنی، به علت وجود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدالتهابی، موجب ارتقاء سطح سلامتی مصرف‌کننده شود (Martins *et al.*, 2016).

تحقیقات مشابه در دنیا حاکی از توجه به این موضوع است. در سال 2010 تحقیقی بر روی تولید نوشیدنی جدید حاصل از مخلوط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* و عصاره پایه قارچ شی‌تاکه صورت گرفت (Lin *et al*., 2010). در تحقیقی دیگر با استفاده از پلی ساکاریدهای استخراج شده از قارچ BaChu و مخلوط کردن آن با آب گوجه‌فرنگی و آب سیب توانستند یک نوشیدنی مغذی را تهیه کنند (Hou *et al*., 2008). در یک تحقیق دیگر 31 قارچ از خانواده *بازدیومیکوتا* به همراه مایع مالت برای تهیه نوشیدنی مورد بررسی قرار گرفت و نوشیدنی حاصل از قارچ شی‌تاکه به همراه مایع مالت بهترین طعم را در بین تست کنندگان نوشیدنی به‌دست آورد (Zhang *et al*., 2014).

با وجود این، تا به امروز تلاش‌های بسیار محدودی برای تولید نوشیدنی بر پایه قارچهای خوراکی- دارویی در سطح دنیا و همچنین در کشور ما انجام شده است. در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به تولید نوشیدنی‌های فراسودمند و تلاش برای قرارگیری این نوع نوشیدنی در سبد غذایی خانوار ایرانی شده است. در این راستا، نوشیدنی‌های فراسودمند حاوی ذرات میوه (یا دانه گیاهان) ازقبیل نوشیدنی پالپ‌دار آلوئه‌ورا، نوشیدنی تخم شربتی و نوشیدنی خاکشیر، به علت حضور ذرات و ایجاد جذابیت برای مصرف‌کننده، از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. از سوی دیگر، در سال‌های اخیر، مطالعات موفقی بر روی زراعی‌سازی قارچ انوکی تجاری و بومی در بسترهای کشت مبتنی بر ضایعات کشاورزی انجام شده است (Rezaeian and Pourianfar, 2016)؛ در نتیجه، دانش فنی و مواد اولیه برای تولید نوشیدنی بر پایه قارچ انوکی به صورت با صرفه در اختیار است. لذا این مطالعه با هدف بررسی امکان تولید نوشیدنی فراسودمند بر پایه اندام میوه‌دهی قارچ خوراکی- دارویی انوکی (5-10% وزنی/حجمی) و تأثیر صمغ پایدارکننده تجاری (0/05-0/1% وزنی/ حجمی) بر نوشیدنی انجام گرفته است. در این پژوهش همچنین ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و همچنین ارزیابی طعم‌دهنده‌ها و تأثیر رنگ طبیعی کورکومین بر پذیرش کلی محصول مورد بررسی قرار گرفت.

1 Fruiting body

مواد و روش‌ها

تولید قارچ انوکی

تولید اندام میوه‌دهی[1] قارچ انوکی، با اندکی تغییرات در روش قبلا گزارش شده انجام گرفت (Rezaeian and Pourianfar, 2016). ابتدا، میسلیوم خالص نژاد تجاری FV 4622 (Mycelia BVBD) با استفاده از محیط کشت جامد MEA تهیه شد. اسپاون در دانه گندم (هر کیسه حاوی یک کیلو دانه گندم همراه با 12% وزنی آهک و گچ) تهیه شده و برای تلقیح بستر کشت به‌کار رفت. فرمولاسیون بستر کشت عبارت از خاک اره (40%)، کاه گندم (40%)، سبوس گندم (18%)، گچ (1%) وآهک (1%) بود. نرخ تلقیح به اندازه 5% وزنی بستر کشت بود. شرایط رشد رویشی میسلیوم درون بستر کشت به قرار زیر بودند: دمای 25-23 درجه سانتی‌گراد، بدون نیاز به نور، رطوبت 65 -70%. پس از پر شدن کیسه‌ها از میسلیوم قارچ انوکی، شرایط محیطی برای القاء فاز زایشی بدین گونه تغییر یافت: دما 8- 10 درجه سانتی‌گراد، نور 800 تا 1000 لوکس، رطوبت 65-70% ، CO_2 4000-3000 ppm. قارچهای مورد نظر برای این تحقیق از فلش اول .برداشت انتخاب و تلاش شد قارچهایی با اندازه متوسط انتخاب شوند. قارچهای برداشته شده به صورت کاملا تازه در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه پوره و پالپ قارچ انوکی

به‌منظور تهیه پوره، اندام میوه‌دهی تازه قارچ انوکی در مخلوط‌کن به‌طور کامل خرد شد تا کاملا همگن شود. برای تهیه پالپ نیز از مخلوط‌کن استفاده شد اما مدت زمان خرد کردن خیلی کوتاه‌تر بود و با قطع و وصل دستگاه همراه بود تا از خرد شدن زیاد ذرات جلوگیری شود.

بهینه‌سازی فرمولاسیون پایه نوشیدنی پوره‌دار و پالپ‌دار

ترکیبات ثابت فرمولاسیون در هر دو نوع نوشیدنی پوره‌دار و پالپ‌دار شامل 0/15% اسید سیتریک (وزنی/ حجمی)، 11% شکر (وزنی/ حجمی) و 0/1% سدیم سیترات (وزنی/ حجمی) بود. متغیرهای مستقل آزمون شامل غلظت قارچ انوکی (5، 7/5 و 10% وزنی/ حجمی) و غلظت صمغ پایدارکننده تجاری (نکسیران، ایران) (0/05، 0/075 و 0/1% وزنی/ حجمی) بود. الباقی فرمول را آب تشکیل داد (جدول 1).

نمونه‌های نوشیدنی پوره دار یا پالپ‌دار قارچ انوکی پس از تهیه به مدت 1 دقیقه در دمای 90 درجه سانتی‌گراد پاستوریزه شد و پس از سرد شدن در دمای 7 درجه سانتی‌گراد (دمای مناسب نوشیدنی سرد) تا زمان انجام آزمون‌های بعدی نگهداری شد (بهبهانی و عباسی، 1393).

جدا از فرمولاسیون پایه در نوشیدنی، از سه طعم دهنده مختلف لیمو، سیب و میوه‌های استوایی نیز در غلظت 0/1 % جهت بهبود عطر و طعم قارچ استفاده شد تا بهترین طعم از نظر حسی انتخاب شود. نوشیدنی طعم دار لیمو حاوی 5% آب لیموی طبیعی نیز بود. همچنین رنگ نوشیدنی انتخابی در مراحل قبل، با استفاده از سه غلظت 0/01، 0/03 و 0/05 % رنگ طبیعی کورکومین (با خلوص 3%، خریداری شده از شرکت گلچین توس) تنظیم شد و نمونه ها از نظر حسی مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول 1- مقادیر کدگذاری شده و واقعی متغیرها برای بهینه سازی فرمولاسیون نوشیدنی قارچ انوکی

کد تیمار	متغیرهای مستقل	
	غلظت قارچ (٪)	غلظت صمغ (٪)
11	5	0/05
12	5	0/075
13	5	0/1
21	7/5	0/05
22	7/5	0/075
23	7/5	0/1
31	10	0/05
32	10	0/075
33	10	0/1

آزمون‌های رئولوژیکی (تعیین گرانروی و رفتار رئولوژیکی نوشیدنی)

گرانروی نوشیدنی‌قارچ انوکی در غلظت‌های مختلف قارچ (5، 7/5 و 10% وزنی/ حجمی) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1% وزنی/ حجمی) توسط ویسکومتر قابل برنامه‌ریزی چرخشی (LVDV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA) با استفاده از اسپیندل LV اندازه‌گیری شد. حدود 25 میلی‌لیتر از هر نمونه داخل استوانه ویسکومتر ریخته شد و نرخ برشی بین 2 و 200 بر ثانیه در بازه زمانی 5 ثانیه برنامه ریزی شد. رفتار جریانی محلول‌های تهیه شده در دمای 7°C بررسی شد (Hosseini *et al*., 2016).

آزمون شاخص‌های رنگی

این آزمون توسط دستگاه هانترلب (مدل A60-1005-654 45/0) انجام شد که در آن شاخص رنگ توسط فاکتورهای *L (سفیدی یا روشنایی/ تاریکی)، *a (قرمزی/ سبزی) و *b (زردی/ آبی) بیان می‌شود. این شاخص‌ها جهت توصیف تغییرات رنگ ناشی از تغییر فرمولاسیون استفاده شدند (Saberian *et al*., 2014).

ارزیابی حسی

برای ارزیابی ویژگی‌های حسی نوشیدنی، از 12 ارزیاب آموزش دیده استفاده شد. شاخص‌های حسی شامل بو، طعم، رنگ، حس دهانی، قوام، غلظت ذرات و پذیرش کلی در چارچوب آزمون هدونیک پنج نقطه (1، 2، 3، 4 و 5) که به‌ترتیب معادل غیرقابل قبول، نسبتا رضایت‌بخش، خوب، بسیارخوب و عالی بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند (بهبهانی و عباسی، 1393).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در آزمون بهینه سازی فرمولاسیون پایه نوشیدنی بر اساس ویژگی‌های حسی، آزمایشات فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی برای انتخاب بهترین غلظت قارچ (5، 7/5 و 10% وزنی/ حجمی) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1% وزنی/ حجمی) انجام پذیرفت. تجزیه واریانس (ANOVA) دو طرفه در سطح اطمینان 95% و مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 صورت پذیرفت. مقایسه بین نوشیدنی‌های پوره دار و پالپ‌دار از طریق مقایسه میانگین‌ها بر اساسt-Test جفت نشده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام پذیرفت. مقایسه میانگین آزمون‌های انتخاب طعم‌دهنده و انتخاب رنگ نوشیدنی نیز در قالب طرح یک فاکتور در یک زمان، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تولید اندام میوه‌دهی قارچ انوکی

مشاهدات نشان دادند که رشد رویشی میسلیوم در محیط کشت جامد، اسپاون و بستر کشت بر حسب روز به‌ترتیب عبارت بود از 5، 21، 7. فاز زایشی در طی 20 روز پس از آغاز تغییر شرایط محیطی به‌صورت

پین‌های قهوه‌ای رنگ مشاهده شد که در طی14 روز به قارچ بالغ تبدیل شدند. قارچهای بالغ با پایه نازک و سفید رنگ و رنگ کلاهک سفید با قطر 2 سانتی‌متر به شکل خوشه‌ای در هر کیسه ظاهر شدند (شکل 1).



شکل 1- تولید قارچ انوکی در بستر کشت متشکل از ضایعات لیگنوسلولزی

بررسی گرانروی و رفتار جریانی نوشیدنی

از آنجایی که انجام آزمون‌های رئولوژیکی برای نوشیدنی‌های پالپ‌دار ممکن نبود (به علت وجود ذرات درشت و ایجاد خطا در پاسخ دستگاه)، این آزمون تنها برای نوشیدنی‌های پوره‌دار انجام شد. رفتار جریانی همه نوشیدنی‌های پوره‌دار مشابه یکدیگر و از نوع هرشل بالکلی بود زیرا برای جریان یافتن نیاز به تنش تسلیم داشتند و پس از آن، جریان رقیق‌شونده با برش یا شبه‌پلاستیک را از خود نشان دادند (مطابق شکل‌های 2 و 3) و با افزایش نرخ برشی، گرانروی کاهش یافت. تنش تسلیم ناشی از وجود شبکه‌های بین‌مولکولی یا بین‌ذره‌ای مقاومی است که در برابر نیروهای برشی کوچک، مقاومت نشان می‌دهند (Singh and Heldman, 2009). منشا رفتار شبه‌پلاستیک نیز آن است که تنش برش به‌کار گرفته شده موجب رهاسازی پلیمرهای زیستی و آرایش آن‌ها در جهت میدان برشی می‌شود. به عبارت دیگر، تنش برشی موجب شکستن اثرات متقابل فیزیکی ضعیف که پلیمرهای زیستی را کنار هم نگه می دارد، می‌شود (McClements, 2004). مطابق شکل 2، همه تیمارها (11 الی 33) دارای تنش تسلیم بودند و لذا نیاز به انرژی اولیه برای حرکت سیال بود. این ویژگی ها (شبه‌پلاستیک بودن و دارای تنش تسلیم بودن)، می‌تواند ویژگی مطلوبی در نوشیدنی باشد چرا که ابتدا، بدون اعمال تنش (یا تکان دادن)، نوشیدنی حالت ژلی دارد و ذرات در آن شناور هستند و پس از اعمال تنش (تکان دادن بطری)، گرانروی کاهش پیدا می کند و حالت روان پیدا می کند که برای مصرف کننده جذاب است. براساس اطلاعات موجود، تاکنون تحقیقی در زمینه تولید نوشیدنی قارچ انجام نشده است. بهبهانی و عباسی (2017) که تاثیر صمغ فارسی و کتیرا را بر پایدارسازی شربت خاکشیر بررسی می‌کردند، به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده کردند که بخش‌های نامحلول هر دو صمغ موجب ایجاد یک بافت شبه‌ژلی شد و با تکان دادن یا اعمال تنش برشی، گرانروی کاهش یافت و نوشیدنی جریان یافت اما ذرات خاکشیر معلق باقی‌ماندند. آن‌ها نیز مشاهده کردند که رفتار جریانی همه نمونه‌های شربت خاکشیر پایدار شده با صمغ‌های فارسی و کتیرا، از نوع هرشل بالکلی بود.

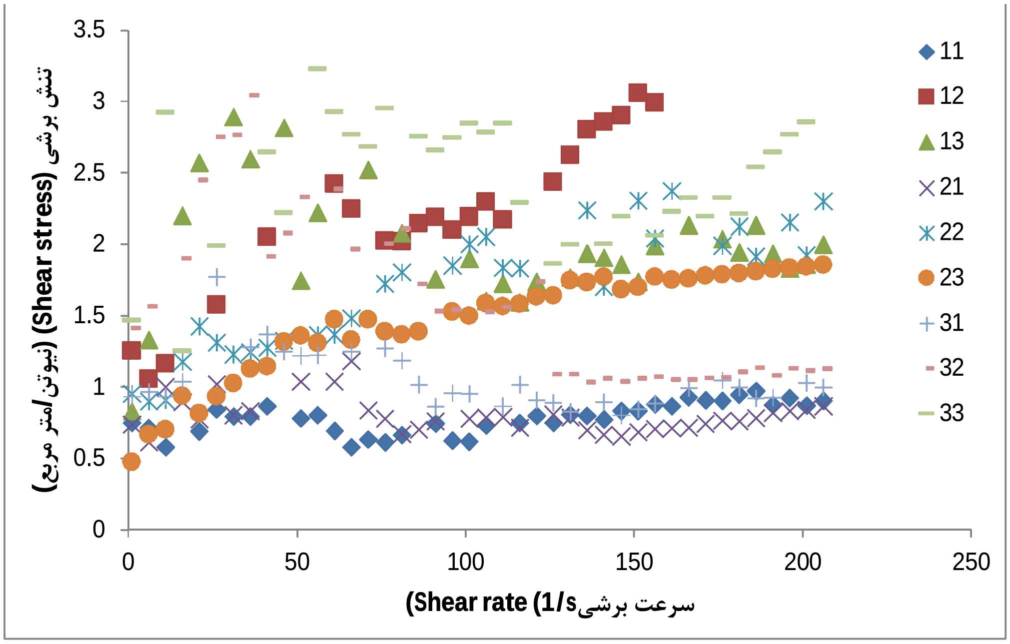
بررسی ویژگی‌های حسی نوشیدنی

تأثیر اجزای فرمول پایه نوشیدنی (فقط متشکل از قارچ و صمغ) بر روی خصوصیات حسی- ذائقه‌ای نوشیدنی برای هر دو نوع پوره و پالپ ارزیابی شد. جدول 2 نتایج این آزمون را برای نوشیدنی نوع پوره‌دار نشان می‌دهد. نتایج آزمون از لحاظ غلظت مورد پسند قارچ توسط ارزیابان برای هر دو نوع نوشیدنی نوع پالپ‌دار و پوره‌دار مشابه بود و لذا در اینجا ارائه نشده است. مطابق جدول 2، غلظت قارچ، تأثیر معنی‌داری در مورد پذیرش طعم داشت به گونه‌ای که بیشترین امتیاز طعم مربوط به نمونه‌های حاوی 5% قارچ (با میانگین امتیاز 0/1 ±2/21) و کمترین امتیاز طعم مربوط به نمونه های حاوی 10% قارچ (با میانگین امتیاز 0/08 ±1/58) بود. نتایج شاخص پذیرش کلی نیز مانند نتایج طعم بود. به غیر از طعم و شاخص پذیرش کلی، سایر شاخص‌ها تحت تأثیر غلظت قارچ قرار نگرفتند.

بر خلاف غلظت قارچ، غلظت صمغ تأثیر معنی‌داری ($p \geq 0.05$) بر شاخص‌های حسی نداشت. از آنجایی که غظت 5% قارچ انتخاب شد و در این شرایط، غلظت 0/05% صمغ موجب شناورسازی کامل ذرات قارچ شد، مخصوصا باتوجه به صرفه اقتصادی، غلظت 0/05% صمغ شناورساز برای آزمون‌های بعدی انتخاب شد.

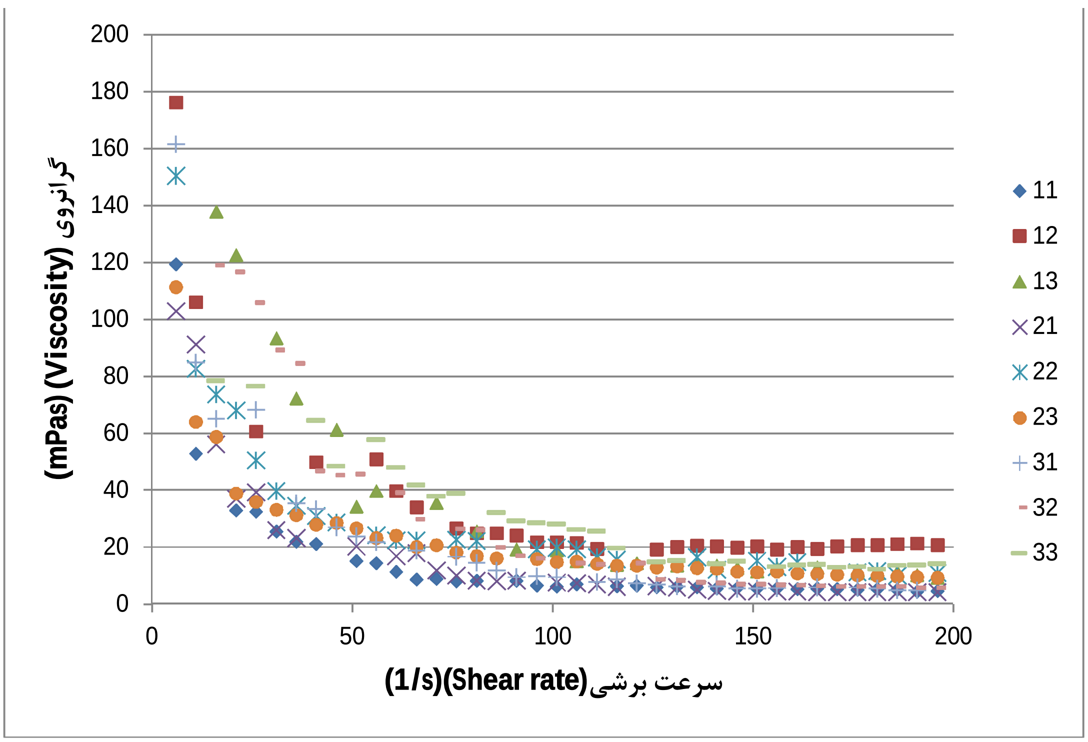
اگرچه ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری را در رنگ نوشیدنی‌های پوره‌دار قارچ انوکی تشخیص ندادند ($p \geq 0.05$) اما شاخص‌های رنگی

نوشیدنی‌ها که از دستگاه هانترلب (*L، *a و *b) گرفته شد، دارای تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) بودند.



شکل 2- تغییرات تنش برشی در مقابل سرعت برشی در نوشیدنی‌های پوره دار قارچ انوکی

(غلظت قارچ (5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می باشد) برای توضیحات در مورد تیمارها (11 تا 33) به جدول 1 مراجعه شود.)



شکل 3- تغییرات گرانروی در مقابل سرعت برشی در نوشیدنی‌های پوره‌دار قارچ انوکی

(غلظت قارچ (5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می‌باشد) برای توضیحات در مورد تیمارها (11 تا 33) به جدول 1 مراجعه شود.)

با افزایش درصد قارچ انوکی و غلظت صمغ، شاخص روشنایی نمونه‌ها (L*) افزایش پیدا کرد به‌طوری که مطابق جدول 3، بیشترین شاخص روشنایی مربوطه به نمونه با بیشترین غلظت صمغ و قارچ (نمونه با کد 33) بود. این روال در مورد دو شاخص سبزی/ قرمزی و آبی/ زردی نیز صادق بود به‌طوری که بیشترین میزان سبزی و آبی (کمترین میزان قرمزی و زردی) مربوط به نمونه با کد 33 بود. بنابراین افزایش درصد قارچ و صمغ موجب بهبود شاخص‌های رنگی شده است

جدول 2 - مقایسه میانگین امتیازهای حسی نوشیدنی پوره دار قارچ انوکی (غلظت قارچ (5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1 %) متغیر می باشد)

تیمار	غلظت قارچ (%)	غلظت مغ (٪)	طعم	بو	رنگ	حس دهانی	قوام	غلظت ذرات	پذیرش کلی
11	5	0/05	2/27 a	2/18a	2/18 a	2/36 a	2/45	2/36 a	2/27 a
12	5	0/075	2/09 a	2/09a	2/18 a	2/23 a	2/77	2/27 a	2/18 a
13	5	0/1	2/27 a	2/36 a	2/36 a	2/27a	2/45	2/27a	2/36 a
21	7/5	0/05	2/09 ab	2/27 a	2/23 a	2/14 a	2/5	2/27 a	2/14 ab
22	7/5	0/075	1/91 ab	2/27a	2/36 a	2/14a	2/59	2/27 a	1/95 ab
23	7/5	0/1	1/95ab	2/09 a	2/59 a	2/09 a	2/54	2 a	2/00 ab
31	10	0/05	1/59 b	1/95 a	2/54 a	1/95a	2/27	2/18 a	1/86 b
32	10	0/075	1/65 b	1/85 a	2/5 a	2/05 a	2/45	2/4 a	1/85b
33	10	0/1	1/5 b	1/8 a	2/4 a	2/00 a	2/2	2/6 a	1/6 b

*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) در آن شاخص حسی می‌باشد.

جدول3 – تاثیر فرمولاسیون نوشیدنی پوره دار قارچ انوکی بر خصوصیات رنگی آن (غلظت قارچ (5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می‌باشد)

تیمار	غلظت قارچ (%)	غلظت صمغ (٪)	L*	a*	b*
11	5	0/05	22/86± 0/08 i	-0/85± 0/05 e	-2/66 ± 0/06 a
12	5	0/075	34/23 ± 0/09 h	-0/98 ± 0/05 d	-2/62 ± 0/04 a
13	5	0/1	24/57 ± 0/03 g	-1/04 ± 0/04d	-2/61 ± 0/05 a
21	7/5	0/05	29/85± 0/08 e	-1/70 ± 0/02 b	-1/12 ± 0/01 c
22	7/5	0/075	29/23 ± 0/11 f	-1/58 ± 0/05 c	-1/43 ± 0/03 b
23	7/5	0/1	30/13 ± 0/08 d	-1/70 ± 0/04 b	-1/08 ± 0/08 c
31	10	0/05	31/58 ± 0/08 c	-1/99 ± 0/04 a	-./62 ± 0/01 d
32	10	0/075	32/24 ± 0/08 b	-2/03 ± 0/04 a	-0/51 ± 0/01 e
33	10	0/1	32/58 ± 0/10 a	-2/07 ± 0/02a	-0/44 ± 0/04 e

*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) در آن شاخص رنگی می‌باشد.

اگرچه از نظر شاخص‌های رنگی (L*، a* و b*)، نوشیدنی‌های پوره دار حاوی غلظت بالاتر قارچ و صمغ برتر بودند اما از آنجایی که پذیرش کلی آن‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر بود، و از طرفی رنگ نمونه‌ها از نظر ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (مطابق جدول 2)، غلظت 5% قارچ و 0/05% صمغ انتخاب شد.

مقایسه شاخص‌های حسی نوشیدنی‌های پوره‌دار و پالپ‌دار قارچ انوکی

از آنجایی که نوشیدنی پالپ‌دار (حاوی ذرات درشت‌تر نسبت به پوره) نیز دارای جذابیت قابل توجهی است و معمولا در بازار نوشیدنی پالپ‌دار میوه‌هایی (ازقبیل آلوئه‌ورا) نیز وجود دارد، آزمونی طراحی شد

تا ارزیاب‌ها نوشیدنی پالپ‌دار و پوره‌دار قارچ انوکی را در مقایسه باهم، مورد ارزیابی قرار دهند (شکل 4). مطابق جدول 4، نتایج حاکی از آن بود که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه نوشیدنی در همه شاخص‌ها وجود داشت و نوشیدنی پالپ‌دار نسبت به نوع پوره‌دار ترجیح داده شد ($p\leq 0.05$).

تولید نوشیدنی بر اساس پوره و همزمانی انجام آزمایشات بر روی پوره و پالپ بر پایه این پیش فرض انتخاب شد که در کارهای مشابه قبلی در ایران یا سایر کشورها، نوشیدنی پوره‌دار نیز مورد علاقه ارزیابان و مصرف‌کننده نهایی (در بازار) بوده است. اما نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که ارزیابان مورد آزمایش در این مطالعه علاقه زیادی به نوشیدنی پوره‌دار نداشتند که می‌تواند به سلیقه و ذائقه مصرف‌کننده ایرانی نسبت به ویژگی‌های حسی خاصی که قارچ در نوشیدنی ایجاد می‌کند، برگردد و لذا این مساله، از ارزش نوشیدنی پوره‌دار نمی‌کاهد.

جدول4– تاثیر اندازه ذرات (پالپ و پوره) نوشیدنی قارچ انوکی بر خصوصیات حسی آن (در غلظت‌های 5% قارچ و 0/05% صمغ)

تیمار	طعم	بو	رنگ	حس دهانی	قوام	غلظت ذرات	پذیرش کلی
1 (پالپ‌دار)	3/8 a	3/9 a	4 a	3/6a	3/6 a	3/6 a	3/75 a
2 (پوره‌دار)	1/5	1/7b	1/4 b	1/4 b	1/5 b	1/5b	1/2 b

*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار ($p< 0.05$) در آن شاخص حسی می‌باشد.



شکل 4- نوشیدنی های پوره دار و پالپ‌دار قارچ انوکی (در غلظت 5% قارچ و 0/05% صمغ)

*تنها اندازه ذرات متفاوت است.

جدول5– تأثیر طعم‌دهنده‌ها بر بو، طعم و پذیرش کلی نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی (در غلظت های 5% قارچ و 0/05% صمغ)

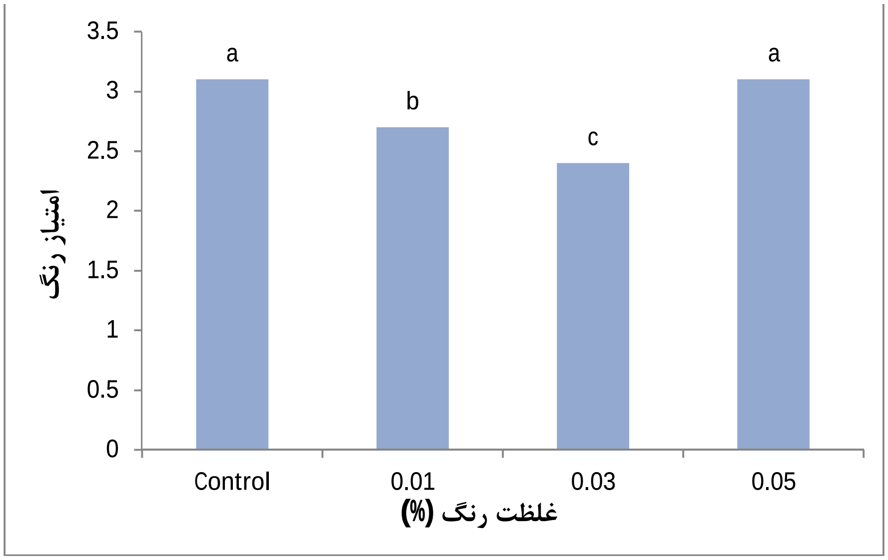
تیمار (طعم دهنده)	بو	طعم	پذیرش کلی
لیمو	3/3 a	3/7 a	3/7a
سیب	2/1 b	1/9 b	1/9 b
استوایی	2/2 b	2/1 b	2/2b

*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) در آن شاخص حسی می‌باشد.

انتخاب طعم‌دهنده و رنگ مناسب برای نوشیدنی

اگرچه طعم قارچ ممکن است مورد پسند عده‌ای نباشد، اما به‌خاطر خواص داروئی و تغذیه‌ای فراوان آن، تمایل به مصرف محصولات آن (از قبیل نوشیدنی) وجود دارد. لذا نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی در سه طعم (لیمو، سیب و میوه های استوایی- نوشیدنی لیمو حاوی 5% آب لیموی طبیعی نیز بود) آماده‌سازی شد و شاخص‌های بو، طعم و پذیرش

کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق جدول5 ، طعم لیمو پذیرش بیشتری ($p< 0.05$) نسبت به دو طعم دیگر داشت. مطابق شکل 5، آزمون فرمولاسیون نوشیدنی با استفاده از رنگ زرد کورکومین حاکی از آن بود که نمونه شاهد (فاقد رنگ) و نمونه حاوی 0/05% رنگ دارای بیشترین پذیرش ($p< 0.05$) از جانب ارزیابان تشخیص داده شدند. تصویر نمونه‌ها در شکل 6 نمایش داده شده است.



شکل 5- تأثیر غلظت های مختلف رنگ کورکومین بر پذیرش رنگ نوشیدنی پالپ دار قارچ انوکی (در غلظت‌های 5% قارچ و 0/05% صمغ)



شکل 6- نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی حاوی غلظت های مختلف رنگ طبیعی کورکومین (به‌ترتیب از چپ به راست حاوی صفر، 0/01، 0/03 و 0/05% رنگ کورکومین می‌باشند) *غلظت قارچ نمونه ها 5% و غلظت صمغ 0/05 % است.

برای تایید کیفیت غذایی یک نوشیدنی حاوی ذرات (از قبیل دانه گیاهان- مانند خاکشیر و تخم شربتی- یا پالپ میوه‌ها)، بایستی شاخص‌های کیفی مختلفی ازقبیل رفتار جریانی، شناورسازی ذرات و شاخص‌های حسی مورد بررسی قرار گیرد (Behbahani and Abbasi, 2017). شناورسازی ذرات (دانه گیاه یا پالپ) از آن نظر دارای اهمیت است که مصرف‌کننده تمایل دارد نوشیدنی یکنواخت و همگنی

را مصرف کند و ذرات موجود در نوشیدنی رسوب نکرده باشند و به‌طور یکنواخت در آن پراکنده شده باشند. این مطالعه نشان داد که شناورسازی ذرات قارچ (در قالب پوره یا پالپ) در نوشیدنی حاوی 0/05% صمغ امکان‌پذیر است.

رنگ اولین شاخص کیفی غذاست که مصرف‌کننده احساس می‌کند و اثر مهمی بر پذیرش غذا دارد (Esteve *et al*., 2005). آثار زیان بار رنگ‌های سنتزی بر سلامت مصرف‌کنندگان در تحقیقات مختلف به اثبات رسیده است و از طرفی، عملکرد مثبت رنگ‌های طبیعی بر سلامت بدن (ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدالتهابی) تایید شده است (صابریان و همکاران، 1396؛ Martins *et al*., 2016). رنگ طبیعی کورکومین می‌تواند با تغییر مکان الکترون‌های اکسیژن کربونیل گروه فنول موجود در ساختار آن، به‌عنوان دهنده رادیکال عمل کند و نقش مهمی را در جاروب کردن رادیکال‌های آزاد ایفا نماید؛ این عمل می‌تواند از بیماری‌های آلزایمر و پارکینسون جلوگیری نماید (صحنه و همکاران، 1396). بر این اساس و با توجه به نتایج به‌دست آمده، نوشیدنی حاوی 0/05% رنگدانه کورکومین، علاوه بر اینکه بیشترین پذیرش را از دیدگاه مصرف‌کنندگان به‌خود اختصاص داد، اثرات سلامتی‌بخش زیادی را نیز به نوشیدنی می‌بخشد و در نتیجه می‌تواند موجب افزایش بازارپسندی نوشیدنی حاوی قارچ خوراکی- دارویی شود. همچنین، با توجه به ذائقه بسیاری از مردم ایران، استفاده از طعم‌دهنده‌های جذابی مانند لیمو نیز تأثیر معنی‌داری بر افزایش بازارپسندی و در نتیجه مصرف این نوشیدنی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی دارای پتانسیل پذیرش مناسبی از طرف مصرف‌کننده می‌باشد زیرا استفاده از یک قارچ خوراکی- دارویی (از قبیل انوکی) همراه با رنگ طبیعی کورکومین (به‌عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان) موجب ارتقاء نوشیدنی به یک غذای فراسودمند و مفید می‌گردد. از طرفی، حضور 5% پالپ قارچ به‌صورت معلق و یکنواخت مخصوصا با طعم لیمو بر جذابیت این محصول افزود. از دیدگاه فنی نیز تولید صنعتی نوشیدنی فراسودمند قارچ انوکی امکان‌پذیر است. باتوجه به ترکیبات ذکر شده در این فرمولاسیون، تفاوت عمده‌ای که این نوشیدنی با اکثر نوشیدنی‌های میوه‌ای رایج موجود در بازار(که در آن‌ها از کنسانتره میوه استفاده می‌شود) دارد، استفاده از قارچ به‌جای کنسانتره میوه می‌باشد و با توجه به قیمت قارچ و کنسانتره میوه، به‌نظر می‌رسد تفاوتی بین قیمت تمام‌شده این نوشیدنی با نوشیدنی‌های رایج وجود نداشته باشد؛ اگرچه باتوجه به فنی‌تر بودن فرآیند تولید و جذابیت بیشتر نوشیدنی‌های پالپ‌دار، قاعدتا گرانتر به فروش خواهد رسید. بنابراین تولید نوشیدنی قارچ انوکی از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی جهاددانشگاهی خراسان رضوی از دو گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی و زیست فناوری قارچهای صنعتی در قالب طرح پژوهشی مشترک با عنوان "بررسی امکان تهیه محصولات فراسودمند بر پایه قارچ خوراکی-دارویی انوکی و رنگ های طبیعی" در طی سال 1398انجام شد.

منابع

بهبهانی،م. س.، عباسی، س. 1393. پایدارسازی شربت خاکشیر با استفاده از هیدروکلوئیدهای بومی، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 1 (9)، 31-38.

صابریان، ح.، حسینی، ف.، بلوریان، ش. 1396. تأثیر روش فراصوت بر استخراج رنگ خوراکی کلروفیل از برگ درخت شاتوت، فصلنامه فناوری های نوین غذایی، 4 (4)، 67-76.

صحنه، ف.، محمدی، م.، نجف پور درزی، ق.، مقدم نیا، ع.ا. 1396. بهینه‌سازی استخراج کورکومین از زردچوبه (کورکوما لونگا) با استفاده از مایعات یونی کربماتی به عنوان حلال سبز، فصلنامه فناوری های نوین غذایی، 4(4). 1-12.

Behbahani, M. S., & Abbasi, S. (2017). Stabilization of flixweed seeds (*Descurainia sophia* L.) drink: Persian refreshing drink. *Food Bioscience*, *18*, 22-27.

Esteve, M. J., Frigola, A., Rodrigo, C., and Rodrigo, D. (2005), Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and color of Spanish refrigerated orange juices, Food and Chemical Toxicology, Vol. 43, pp. 1413–1422.

Ge, Z. W., Liu, X. B., Zhao, K., & Yang, Z. L. (2015). Species diversity of Flammulina in China: new varieties and a new record. *Mycosystema*, *34*, 589-603.

Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate polymers*, *140*, 59-65.

Hou X., Zhang N., Xiong S., Li S., Yang B.2008. Extraction of BaChu mushroom polysaccharides and preparation of a compound beverage. *Carbohydr. Polym*. 2008, 73, 289−294.

Lin PH., Huang SY., Mau JL., Liou BK., Fang TJ.2010. A novel alcoholic beverage developed from shiitake stipe extract and cane sugar with various Saccharomyces strains. *LWT−Food Sci. Technol*. 2010, 43, 971−976.

Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2016). Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology*, *52*, 1-15.

McClements, D. J. (2004). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. (2th ed.). Boca Raton: CRC Press, (Chapter 4).

Rathee, S., Rathee, D., Rathee, D., Kumar, V., & Rathee, P. (2012). Mushrooms as therapeutic agents. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, *22*(2), 459-474.

Rezaeian S and Pourianfar HR. 2016. A Comparative Study on Bioconversion of Different Agro Wastes by Wild and Cultivated Strains of *Flammulina velutipes*. *Waste and Biomass Valorization*, 8(8), pp.2631-2642.

Saberian, H., Amooi, M., & Hamidi-Esfahani, Z. (2014). Modeling of vacuum drying of loquat fruit. *Nutrition & Food Science*, *44*(1), 24-31.

Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2009). Introduction to food engineering (4th edition). Gulf Professional Publishing.

Tang C, Hoo PCX, Tan LTH, Pusparajah P, Khan TM, Lee LH, Goh BH , and Chan KG.2016. Golden Needle Mushroom: *A Culinary Medicine with Evidenced-Based Biological Activities and Health Promoting Properties*.

Zhang Y., Fraatz M A., Horlamus F., Quitmann H., Zorn H. 2014. Identification of Potent Odorants in a Novel Nonalcoholic Beverage Produced by Fermentation of Wort with Shiitake (*Lentinula edodes*) *agricultural and food chemistry*.2014. 62, 4195−4203.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 4, Oct- Nov 2020, p. 453-464

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 4، مهر - آبان 1399، ص. 464-453

A Study on the utilization of Enoki fruiting bodies in a pulp- based functional drink

Sh. Rezaeian[1], H. R. Pourianfar[1], Sh. Bolourian[2], H. Saberian[2*]

Received: 2019.04.29
Accepted: 2019.09.29

Introduction: At the present, culinary-medicinal mushroom Enoki, Flammulina velutipes, ranks fifth among cultivated mushrooms in the world. Enoki has a delightfully crunchy texture and desirable taste. In addition, research has proved that this mushroom possesses substantial nutritional and medicinal properties. However, commercialization of Enoki is not yet expanded worldwide and it is still largely behind the other major edible mushrooms in some countries in west Asia (such as Iran). Based on our recent successful study on cultivation of Enoki in locally available lignocellulosic substrates, this study was aimed to evaluate the possibility of production of a novel functional drink based on Enoki mushroom supplemented with curcumin.

Materials and Methods: A pure culture of the cultivated strain of Enoki was freshly fructified in a locally available lignocellulosic substrate composed of 40 % wheat straw + 40 % sawdust + 18 % wheat bran + 1 % lime + 1 % gypsum. The fresh fruiting bodies were crushed to different forms of pulp and puree to be utilized in the basic formulation of drink. Then, different concentrations of mushroom particles (5, 7.5 and 10 %) and pectin gum (0.05, 0.075 and 0.10 %) were used. Following pasteurization at 90 ºC for one minute, the rheological and sensory characteristics of the drink were evaluated. The viscosity and the flow behavior of the samples were measured at 7°C. A rotational programmable viscometer (LVDV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA) with an LV spindle was employed. About 25 ml of each drink was poured into the cylinder of the viscometer and shear rate was measured from 5 to 200 s^{-1} within 5 s intervals. Effect of different treatments (pectin gum and mushroom concentration) on color indices of the Enoki drink was studied using colorimeter (ColorFlex EZ, Hunter Lab, USA) and indices of, L* (brightness), a* (redness–greenness), b* (yellowness–blueness), were determined. Some sensory characteristics (taste, odor, color, mouth feel, consistency, particle concentration and overall acceptance) of the Enoki drinks were evaluated by 12 trained panelists (aged 25–50 years) using a 5 level hedonic test (1, 2, 3, 4 and 5) from left to right representing unacceptable, relatively acceptable, good, very good, and excellent. Three types of flavor (Lime, tropical fruits and apple) were employed and the effect of the flavors on odor, flavor, taste and overall acceptance of the pulp- based drink was investigated. Finally, three concentrations of curcumin (0.01, 0.03 and 0.05 %), as a natural colorant, were used in the pulp- based drink and the overall acceptance of the panelists was evaluated in a separate test. Factorial tests based on the completely randomized design was employed to evaluate the effect of different concentration of mushroom and pectin gum. Results were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using SPSS 19 statistical software and the Duncan's test with 95% confidence interval was used to compare the means of the tests. The results which were presented in this research have been obtained from the average values of 12 replicates.

Results and Discussion: Rheological tests showed that the flow behavior of the drink was pseudoplastic (or shear thinning), which indicated that the viscosity was decreased when the shear rate increased. All the samples had a yield stress at 7°C. Therefore, all the drink samples had a jelly form before exerting any stress, while the mushroom particles were completely suspended in the drink. From the panelists' point of view, there was not any difference between the color of the drink containing different gum and mushroom, but L*, a* and b* values were significantly different. By increasing of the gum and mushroom concentration, brightness index (L*) increased. Sensory tests indicated that the highest and the lowest scores of flavor were related to samples containing 5 and 10 % (w/w) mushroom, respectively ($p<0.05$). Finally, the drink containing 5% mushroom puree and 0.05 % pectin gum was selected. The results of sensory evaluation showed that the drink containing mushroom pulp was significantly better than one containing mushroom puree ($p<0.05$). The overall acceptance of the Enoki drink containing lime flavor was the highest and there were not any significant differences between those containing apple and tropical fruits flavor. Furthermore, sensory acceptance of the drink increased by adding 0.05 % curcumin into it. It can be concluded that the drink containing Enoki mushroom pulp may have a good

1. Industrial Fungi Biotechnology Research Department, Research Institute for Industrial Biotechnology, Academic Centre for Education, Culture and Research (ACECR) -Khorasan Razavi Province Branch, Mashhad, Iran
2. Food Additives Department, Food Science and Technology Research Institute, Academic Centre for Education, Culture and Research (ACECR) -Khorasan Razavi Province Branch, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: Saberian@acecr.ac.ir)

potential to be accepted by consumers. The use of a culinary-medicinal mushroom such as Enoki along with a natural colorant (curcumin) may make the drink a functional food without having any side effect. Overall, the findings of this study showed that the industrial production of this novel functional drink, with acidic lime taste and curcumin colorant, is feasible from a technical point of view.

Keywords: Enoki mushroom, Curcumin, Functional drink, Physicochemical properties